典型的 800 平方米演播厅音频系统建设实践与思考

马千里
（泰州广播电视台，江苏 泰州 225300）

摘　要：随着广电 4K/IP 化在央视及部分省台开始实施，给市级电视台大中型演播厅音频系统升级改造提出了问题。还在大量使用基带信号的当下，是否要考虑 IP 方式，预算有限的情况下如何兼顾，本文结合泰州广播电视台 800 平方米演播厅的现状和技改需求，从系统设计、设备选型、实际运用等角度，探讨并实践了一种现阶段可行的解决方案，希望对类似项目可以起到借鉴意义。

关键词：演播厅；主备调音台；扩声；分布式制作；IP 接口　　**中图分类号：**TN948.12　　**文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2021）07-154-04　　**DOI：**10.19483/j.cnki.11-4653/n.2021.07.047
本文著录格式：马千里 . 典型的 800 平方米演播厅音频系统建设实践与思考 [J]. 中国传媒科技，2021（07）：154-157.

1. 项目背景及改造前的状况

泰州广播电视台建有多个演播室、融媒体中心、转播车等制作平台，其中 800 平方米演播厅面积最大，承担着台内综艺节目制作，颁奖典礼、大型文艺晚会等直播录制，是重要的节目制作平台。该演播厅视频系统采用联合转播车系统进行录制、播出，这种组合方式既节约了固定资产投入，又提高了设备的利用率，在很多市级电视台较为常见，同时建设有相对完善的音频系统。

演播室原音频系统使用了十多年，扩声采用立体声方式，主扩音箱由 2 组 Turbosound（特宝声）12 寸两分频音箱组成。当初设计的系统基本满足语言类、声乐类和戏剧节目使用需求，如今的综艺、音乐、舞蹈等节目则需要更多低音部分。

调音台系统使用 Soundcraft Si3 和 ALLEN&HEATH GL3300，其中 Si3 数字调音台作为主系统可以处理 64 个通道，GL3300 模拟调音台作为备系统具有 40 路处理能力，只能做部分音源的备份，启用时需要检查音源并跳线，也稍嫌复杂。使用至今虽然总体情况稳定，但老旧的调音台系统推子与旋钮时不时开始产生噪声，系统底噪也开始逐渐增加。随着节目制作的规模扩大，无线话筒与数字周边设备等使用量也相应增加，原系统接口规模与处理通道数已不能满足节目需要。这包括系统输出需要灵活调度，直播时的快速应急切换，同一节目不同工位对音频信号不同的混音需求，通道参数（路由、母线分配、均衡、声像、增益值等等）需要直观地在台面呈现，这些也都难以满足直播要求。

2. 音频系统改造要求

我们就存在的问题对新系统改造提出要求如下：[1]

◆扩声系统要求配置 2.1 系统，论证线阵列与点声源的适合性、差异性，并做出选择。配置左右立体声主扩通道 + 独立低音通道，另配置舞台返送与舞台后区补声、台唇补声等。

◆主调音台需要核心参数直观、操作响应快速、可扩展的中大型规模数字调音台，其处理能力不低于 96 个通道（80 路全处理通道 +16 路母线全处理通道）。考虑技改周期因素，需要在未来八年甚至更久的时间使用。技术要有前瞻性，尤其现在 IP 系统的概念已经在央视等大台落地，我们的系统也需要具备 IP 连接能力。

◆主备倒换系统不仅要倒换多通道播出系统（2 路立体声 +5.1 环绕声 8 通道），还需要能倒换扩声系统（2 路主卡 +1 路低音 +4 路舞台返送）。

3. 核心设备选型

3.1　扩声系统

扩声音箱的选择范围较为广泛，国产与进口的品牌都比较多，选择的一个主要方法就是邀请供应商提供产品进行实际试听对比。

首先从国产与进口角度来讲，目前也有些国产品牌，无论是对有线话筒听感与均衡调整的响应敏感度，还是播放音乐听感、大动态交响乐的层次感、清晰度，都有不错的表现。如果作为流动系统使用我们乐于选择国产品牌，他们在便携上有较好的考虑，在能接受的音质前提下有很大的价格优势。但建设一个要求使用十年以上的核心演播厅来说，我们更倾向使用进口大品牌的中档产品。众所周知演播厅音箱都是固定安装，拆装工程量很大，一般固定安装调试完成后角度固定，如维修拆装则需要重新调整角度和声场，十分费时费力，若没有厂家技术和测量设备的条件下，通常很难恢复至原有水平。在原厂保修年限上，多数大品牌进口产品的承诺要大幅度优于国产品牌，如 d&b 音箱提供原厂 5 年质保，说明他们对产品用料和工艺质量方面是有自信的。

其次线阵列与点声源的选择上，我们借助 EASE 软件进行了不同频率的声场模拟，要求在观众席距音箱 16 米处，整体均匀度 ±3dB 内，观众区整体达到文艺演出类声学特性指标一级，见图 1。比较下来点声源的总体造

价要远低于线阵列音箱系统。因为线阵列至少 3 只箱子组为一个通道，在箱体数量少的情况下，线阵的指向控制在低频段并无应有的优势。从覆盖角度上来说，点声源满足 75◊55 度，而线阵在垂直角度要达到 50 度的话，至少需要 4–5 只箱体，造价会增加更多。当然也可以选择便宜些的双 6/8 寸的小型阵列，但从频响与音色来说，比不上 10/12 寸单元下限频响的天然完整性。因此我们选择 12 寸的两分频点声源音箱作为主扩音箱，采用上下两只覆盖远场和近场，采用独立功放通道分别来驱动，实现频响延时的独立调整。

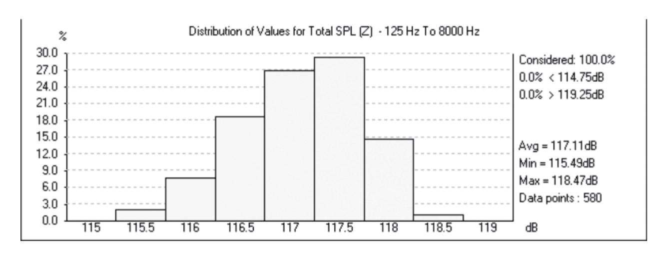


图 1　演播厅 125Hz—8000Hz 总混响声压级分布

考虑到超低音箱体积与重量以及吊装与维护方便，我们选择了 2 只单 18 寸音箱，完成低音覆盖。舞台返送音箱选择 12 寸同轴音箱，该同轴高频部分具有扩散号角，因此在吊挂返送上我们也使用了同一款型号，用来给舞台的后区纵深补音。

功放方面，国产品牌与进口品牌的差距还是比较明显的，主要体现在智能控制上，进口大品牌产品基本都做到了功放与音箱同品牌，并且内置音箱的声学 DSP 参数，实现远程控制与监控（包括温度、电平、信号切换、DSP 参数、场景等），有的甚至集成了异地监测与测试功能。有的国产音箱品牌也自产功放，都使用 D 类放大技术，虽然在稳定性和音质上已和进口品牌越来越接近了，但明显缺少诸多软件功能，也反映出国内的数字声学研发与应用尚存短板。

3.2　调音台系统

调音台是音频系统核心，大量工作是在它上面操作完成的，一个好用的调音台可以大大提高系统易用度、灵活性、和应对复杂要求的快速响应能力。

我们查阅并对比了 STAGETEC、LAWO、TAMURA、CALREC 等一线播出调音台，也同时参考了 YAMAH PM 系　列、SSL 的 LIVE 系　列、SOUNDCRAFT、DIGICO、ALLEN&HEATH 等主流扩声调音台。相对来说播出调音台造价要高些，尽管我们这里有扩声，但是演播厅还是偏重于信号制作，并且大部分扩声调音台不支持 5.1 环绕声母线格式，因此我们倾向于在播出调音台里选择。

LAWO 的 $MC^2 36$ 调音台面板由 3 个模组构成，每个模组包含 1 个 16 推子模块和 1 个 22 寸触摸屏，且模组之间独立工作，任何一个模组死机或重启都不影响其他模组正常工作；其次它不仅支持 2110–30/31 的 IP 接口，同时支持 2022–7 的数据流倒换，也满足我们对 IP 预留的要求；另外调音台自带很多实用的制作功能，如 AUTOMIX（自动混音）、UPMIX（立体声上变换 5.1 /7.1 格式）、AFV（视音频跟随功能），这些易用的插件功能给 LAWO 选择上加分不少，据考察了解 LAWO 调音台，在播出调音台里具有不错的口碑。当然其他几个调音台也各自有其特点，例如 YAMAHA 可实现两张调音台自动增益补偿，有可以自动混音的插件；STAGETEC 的台面旋钮更多，话通接口具有高动态指标，但在预算范围内综合对比考虑，LAWO 的 $MC^2 36$ 具备 40 个物理推子与 192 路的硬件处理能力，能兼顾未来的 IP 系统升级，网络化的应用与接口扩展性能等，显然更具硬件与技术先进性的优势，更贴合我们的使用需求。

4. 系统设计

800 平方米演播厅承担着台里的大型综艺和庆典颁奖类重大节目，且节目的网络直播也逐渐常态化，系统设计必须满足综艺录制复杂多样性的需求，同时兼顾直播安全的要求，据此，我们设计了主备系统与二级分布式系统相结合的混合结构，原理框图如图 2。

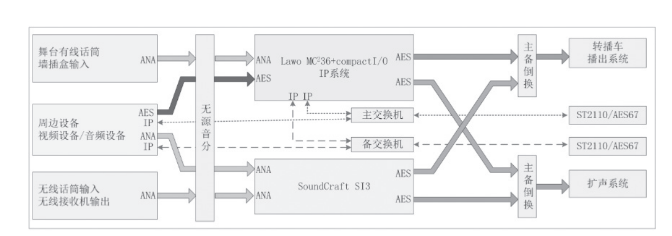


图 2 800 平方米演播厅音频系统原理框图

4.1　信号源

舞台区域的墙插是综艺演播室的重要信号来源，因此舞台上乐队或嘉宾的有线话筒信号通过墙插多芯缆传输到音控室的无源音分，同时分配给主备调音台。

无线话筒是音频的核心信号源，本系统共有 20 多路无线话筒，通过无源音分也同时送至主备调音台。通常我们认为调音台的话放质量要优于无线话筒接收机的放大输出，所以我们把接收机设置为话筒电平输出，进一步提升音质。

音频的周边设备主要是放音信号，如计算机和 360 硬盘播放器等，可以通过模拟给备台，数字给主台的方式分配信源。

视频方面来的信号主要是录像机放像的音频和外来解嵌的音频，也是通过数字格式给主台模拟格式送备台的方式进行分配，有线单路数字输出（如解嵌），则通过数字无源音分进行分配，然后分别送主备调音台。

4.2　同步

同步信号取自视频系统提供的 BB 信号，主调音台可以接 BB 同步输入并转换成 WordClock 信号锁定备台。主调音台在未来还可以接受从网络里获取的 PTP 精密时钟

信号。

4.3 网络及 IP 连接

调音台背后有 3 个 RAVENNA 接口，配置前 2 个端口分别预留给主备交换机，作为 2022-7 的自动倒换用；当然也可以直连视频核心交换机工作，4k/IP 系统会是未来发展趋势，视频系统升级 IP 后，可以直接用网线对接视频系统的 IP 设备；目前第 3 个 RAVENNA 口用于连接 COMPACT I/O 接口箱，采用网线与光纤互为备份连接。[2]

4.4 调音台工作模式

由于信号源是 1：1 地分配到主备调音台的，因此主备调音台可以完全独立并行工作，在重要直播时两个调音台是主备关系，切换器都切 A 路信号源，由主调音台混音输出，备调音台只起到热备份作用；如果节目是复杂的综艺录制，那么主备调音台可以分工合作，由主调音台负责制作录制播出信号，备调音台负责现场扩声信号，两边都可以对话筒增益独立调整而互不影响。[3]

4.5 信号输出

输出信号通路包含 8 声道的 PGM（主混信号 + 分轨信号）给播出系统加嵌或录制，另有 8 声道的 PGM 送扩声（4 主扩 + 低音 + 补声 +2 返听），都采用数字信号经 8 路切换器输出；另配置 1 台 8 路切换器用来倒换模拟格式的录制、监听与耳返信号。

4.6 空间布局

设备布局既要考虑使用的便捷，也要合理利用物理空间。音控室是依托马道改建的一个狭长空间，因此设备和主备调音台只能横向布置，如图 3 所示。首先是设备机柜，主要安排无线话筒和跳线等常用设备，然后是主调音台，监听位于音控师正前方，主调音位右侧设置放音工位，用于操作多媒体音源设备，再右侧是备调音台和第二放音工位，所有工位都可以直视舞台，便于掌握现场状况。

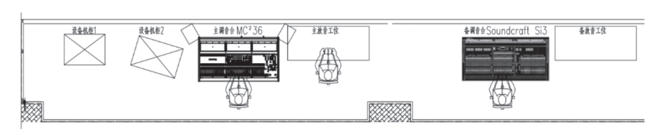


图 3 音控室空间布局

4.7 扩声

扩声系统采用 2.1 的模式，左右各 1 组音箱，每组分别由 2 只 12S 组成，上下组合吊装，下方负责近场，上方负责远程，分别由独立的 DSP 通道和功放驱动，确保 2 只可以分开调整声学参数，采用原厂的衔接吊挂件以减少音箱间干涉。超低音采用中间吊装，尽管没有地面堆叠效率高（可以增加电平来弥补），但可以确保舞台前沿整洁，降低维护要求。返听扬声器配置了 4 只 M12 音箱在舞台上流动使用，M12 特点是在同轴基础上配置号角，这样在有效区域内声能覆盖比较集中，舞台后区吊挂也采用了这个型号。台唇增加了 2 只补声音箱，用于拉声像的同时也能比较好的覆盖第一排的坐席，这个位置一般是领导和嘉宾坐席，这样整体听感上比较自然，没有了声音来自上空的感觉。主扩扬声器布局如图 4 所示。

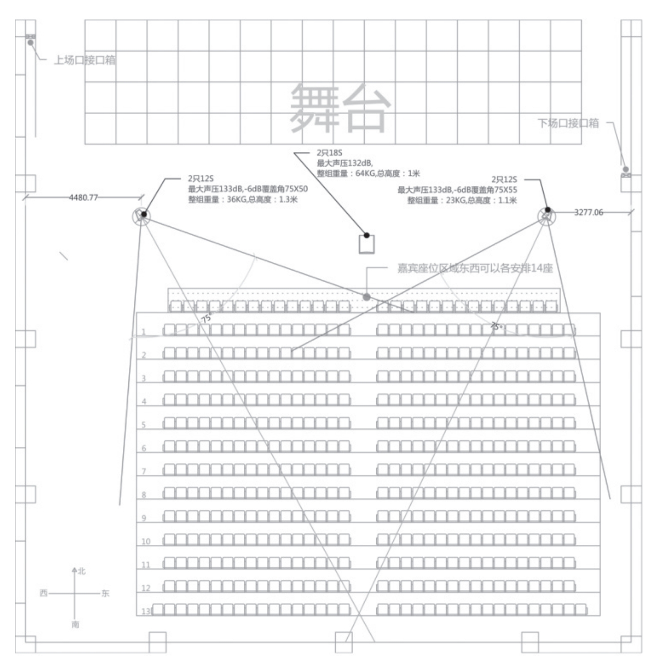


图 4 演播厅主扩扬声器布局

5. 实际使用

5.1 实用功能（Automix）

系统完成后经过测试与一周时间试运行，迎来了首场直播——政风热线 · 市长上线栏目，见图 5。该节目舞台布局分左右各设置两排嘉宾坐席，空旷舞台需要扩声才能听清交流，主持人连同嘉宾一共需要 24 支话筒，节目组带来 16 个通道 SHURE 的 ULXD 手持，需要临时接入系统，补充话筒数量不足及预备应急备份，这给系统与调音师带来不少压力。操作上来说数量众多的手持都有可能发言，尤其需要防止产生啸叫，舞台上纵深吊挂返听直接覆盖了话筒收声区域，但也只有吊挂返听能比较好地覆盖嘉宾区域，让他们有清晰的听感，所以啸叫容易在话筒与吊挂返听之间发生，而音控位于二层马道，调音师将后于观众听到回馈前的临界啸叫声，这给音频操作提出了更高要求。我们借助 LAWO 的 Automix 功能，把话筒编入 Automix 组，主要起到两个作用，第一不发言的话筒可以自动静音，降低话筒串话的同时提高了传声增益。第二主持人的话筒可以设置优先权，用来压制大嗓门或与主持人抢话的嘉宾。通过对比，当 Automix 开启时明显不容易啸叫，且声音更干净无明显底噪，而关闭 Automix 时，话筒容易处于啸叫临界状态，且底噪很大，这个差值从推子刻度看大约有 6dB-8dB，相当于传声增益提高了这么多。



图 5 实际运用 Automix 功能

5.2 实用功能（Faderstar）

通常在岗的调音师只有 1 个人，这么多话筒条件下，需要尽可能减轻其负担，因此我们尝试应用了 Faderstar 功能，360 硬盘播放器的 PLAY 键可以设置 RELAY 触发起控，连接至调音台的 GPO，在调音台的软件里设置对应 360 信号通道的 Fader 触发 GPO，这样在需要上场音乐和颁奖音乐时直接推推子就可播放，在反复练习配合与适应后还是非常实用的。

5.3 实时声压监测

音控位于马道，对现场舒适性音量不易掌控，因此我们引进了一个声压监控软件——10Eazy 系统，并在现场放置测试话筒，通过校准后可以实时监测场内的声压，制作节目时直观地显示声压数值，辅助调音师掌握整场节目的总体音量。如图 6 所示。



图 6 实时声压监测

6. 系统特点总结

该音频系统技改方案结合了原调音台 Si3 的利旧使用，并选取了更为先进的全新 IP 架构的调音台，既能很好的融入基带连接，又能适应未来 IP 系统的连接，可以在未来 5-8 年内继续保持一定的先进性，具备以下几个优势特点。

6.1 安全性满足直播要求

由于 MC²36 调音台与 Si3 调音台在信源获取上是平等、独立的，两个调音台可以对同一个话筒发起本地增益控制而互不影响，输出又是通过二选一切换器的物理通道，因此当主台出现死机等恶劣状况时，备台可以完全承担起节目制作的需要，做到了安全播出必备的两套独立系统的要求。[4]

6.2 可实现分布式制作

综艺节目录制存在很多不确定因素和复杂变化，对音视频系统会有超常规的要求，例如颁奖晚会类可能有重要领导出席，现场扩声才是重点；音乐类节目为便于后期剪辑，分轨录制是主要考虑；游戏电竞类节目则要强调现场选手和裁判的返送信号等。要应对未来多类型节目的复杂需求，不仅仅要求设备功能强大，系统还得灵活可变。此次技改后两个调音台做到了分工互备，不管是多轨录制还是分层录制，主调音台 LAWO MC²36 拥有 144 条总线可以完全满足，备台 Si3 可以专注现场扩声需要，这样两个调音台可以根据不同的侧重点要求，对信源增益发起控制，满足各自的电平和比例调整，实现分布式制作。[5]

6.3 高质量环绕声与立体声同播

一些重要的节目录制可能有环绕声信号源，或节目本身要求环绕声制作，主台 MC²36 具有 5.1 和立体声的母线格式，可以进行两种类型的独立混音，或者由系统切换器控制主备调音台分别进行环绕声和立体声的分工制作，这样制作的立体声的信号质量要远远好于通过环绕声下变换所得。

6.4 预留未来 IP 升级接口

越来越多的厂家逐渐向 IP 接口转型，因此未来的系统一定是基于交换机的连接，因此本系统预留了连接未来主备 IP 网络的接口，分别用于周边设备以及视频系统的 IP 连接。主调音台可以用自身的 IP 接口至多向网络提供 3 × 128 路信号，至多同时获取 3 × 128 路的音频信号，并支持 2022-7 的自动倒换冗余。媒

参考文献

[1] 王寅 . 江苏广电集团 800 平米高清演播室音频系统改造 [J]. 现代电视技术，2016（3）：82-85.

[2] 俞哲 . 基于传统基带 +AoIP 架构直播演播室音频系统的实践 [J]. 广播与电视技术，2020（5）：53-57.

[3] 刘宇 . 给“安全直播”加上双重保险——河南电视台 1500m² 演播室音频系统双向备份的实现 [J]. 西部广播电视，2016（1）：193.

[4] 曾宪锋 . 中央广播电视总台 4K 超高清演播室音频备份系统详解 [J]. 现代电视技术，2020（6）：128-131.

[5] 赵鹏 . 电视台综艺演播室音频系统的设计与应用研究 [J]. 中国传媒科技，2017（8）：113-114.

作者简介：马千里（1972- ），男，江苏泰州，工程师，研究方向：电视节目制作及转播。

（责任编辑：胡杨）